

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы |
|---|
| Анализ применения возобновляемых энергоисточников для электроснабжения газораспределительных подстанций |
| УДК <u>621.31.031:620.92:622.691.5</u> |

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 5AM5K | Хайлов Владимир Олегович | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭПП | Плотников И.А. | к.т.н., доцент | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------|-------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры менеджмента | Попова С.Н. | к.э.н., доцент | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭБЖ | Амелькович Ю.А. | к.т.н., доцент | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---|-------------|------------------------|---------|------|
| Электроснабжение промышленных предприятий | Сурков М.А. | к.т.н., доцент | | |

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

УТВЕРЖДАЮ:

И. о. зав. кафедрой ЭПП

(Подпись) _____ (Дата) **Сурков М.А.**
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|---------------------------------|
| магистерской диссертации |
|---------------------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| 5AM5K | Хайлов Владимир Олегович |

Тема работы:

| | |
|--|-----------------------|
| Анализ применения возобновляемых энергоисточников для электроснабжения газораспределительных подстанций | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 13.02.2017 г. № 719/с |

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> - Общие сведения о местонахождении объекта электроснабжения; - Сведения о существующей системе электроснабжения газораспределительной подстанции магистральных газопроводов. |
|---|---|

| | |
|--|--|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>- Электроснабжение газораспределительных подстанций магистральных газопроводов. Аналитический обзор;</p> <p>- Разработка электроснабжения ГРП магистральных газопроводов;</p> <p>- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</p> <p>- Социальная ответственность.</p> |
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>– Внешний вид типовой газораспределительной станции (рис 1.1);</p> <p>– Типовая схема расположения оборудования на ГРП (рис.1.3);</p> <p>– Гибридный комплекс ORMAT с резервной ДГУ (4.1);</p> <p>– Гибридный комплекс на основе возобновляемых источников энергии, в частности энергии солнца, с резервной ДГУ (рис.4.2);</p> <p>– Суточный график нагрузки ГРП в летний период (рис.4.3);</p> <p>– Суточный график нагрузки ГРП в зимний период (рис.4.4);</p> <p>– Гибридный комплекс на основе возобновляемых источников энергии, в частности энергии солнца и ветра, с резервной ДГУ (4.13).</p> |
| <p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p> | |
| <p>Раздел</p> | <p>Консультант</p> |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p> | <p>Попова Светлана Николаевна</p> |
| <p>Социальная ответственность</p> | <p>Амелькович Юлия Александровна</p> |
| <p>Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке</p> | <p>Соколова Эльвира Яковлевна</p> |
| | |
| <p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> | |
| <p>The estimation of renewable energy resources for electrical supply of gas distribution substation</p> | |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭПП | Плотников И.А. | к.т.н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 5AM5K | Хайлов Владимир Олегович | | |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------|
| 5AM5K | Хайлов Владимир Олегович |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| Институт | Энергетический | Кафедра | Электроснабжение промышленных предприятий |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника |

| Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»: | |
|---|--|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): Расчет стоимостивариантов построения схемы электроснабжения поселка | Расчет стоимости вариантов построения схем электроснабжения газораспределительных подстанций согласно принятой методике |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность» |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Отчисления во внебюджетные фонды – 27,1% от фонда оплата труда. |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности | Оценка ресурсной и финансовый эффективности исследований. |
| Перечень графического материала: | |
| 1. Смета расходов для первого варианта построения схемы электроснабжения ГРП 2. Смета расходов для второго варианта построения схемы электроснабжения ГРП 3. Смета расходов для третьего варианта построения схемы электроснабжения ГРП 4. Сравнительная оценка характеристик вариантов построения схемы электроснабжения поселка 5. Сравнительная эффективность разработки | |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-------------|-----------------------------------|---------|------|
| Доцент | Попова С.Н. | Кандидат экономических наук | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 5AM5K | Хайлов Владимир Олегович | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|---------------|--------------------------|
| Группа | ФИО |
| 5AM5K | Хайлов Владимир Олегович |

| | | | |
|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| Институт | Энергетический | Кафедра | Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП) |
| Уровень образования | магистр | Направление/специальность | 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника |

| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
|--|--|
| <p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) | <p>Дизельная электростанция в контейнере.</p> <p>1. Вредные проявления факторов производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – шумы, – вибрации, – несоответствие параметров микроклимата, – низкая освещённость; <p>2. Опасные проявления факторов производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожарный взрыв, – электрический взрыв; <p>3. Чрезвычайные ситуации: пожар</p> |
| <p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме:</p> | <p>Средства защиты от вредных и опасных факторов предусмотрены на основе следующих документов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12. 1.003 – 83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; – ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; – ГОСТ 12.2.007.13-88 ССБТ. Лампы электрические. Требования безопасности; – ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; – ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля; – ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования; <p>ГОСТ 17.2.3.02-2014 Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями.</p> |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| <p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий | <p>Работы ведутся в помещении с нормальным уровнем освещения (люминесцентные лампы с суммарным уровнем освещенности не ниже 200 люкс в соответствии с СП52.13330.2011 Актуализированной версии СНиП 23-05-95*). Естественное и искусственное освещение. Уровень шума в пределах нормы.</p> |

| | |
|---|--|
| <p>нормативно-технический документ);</p> <ul style="list-style-type: none"> – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) | |
| <p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) | <ul style="list-style-type: none"> – Термические опасности: термический ожог; – Электробезопасность: поражение электрическим током; – Пожаровзрывобезопасность: неисправности в электропроводке. <p>Чтобы не допустить этих травм выдается спецодежда и дополнительное оборудование согласно ГОСТ 12.0.003-74. В контейнере ДЭС установлена пожарная сигнализация и имеется огнетушитель типа ОУ-3.</p> |
| <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | <p>ДЭС оказывает опасное и вредное воздействие на окружающую среду (атмосферу, гидросферу, литосферу), выбрасывая выхлопные газы в атмосферу. Для ДЭС привозят ГСМ, которые хранятся в складах. Склады следует бетонировать, чтобы ГСМ не попал в почву. Бочки надо прессовать и сдавать на металлолом согласно ГОСТ 17.2.3.02-2014, ГОСТ 1639-2009.</p> <p>Люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с ГОСТ 30773-2001.</p> |
| <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий | <p>Разработан ряд действий в результате возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий, также разработан план эвакуации. В помещении имеются два огнетушителя ОУ-3.</p> |
| <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны | |
| Перечень графического материала: | |
| <p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p> | <ul style="list-style-type: none"> – Схема подвеса светильников над рабочей поверхностью; План размещения светильников |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭБЖ | Амелькович Ю.А. | к.т.н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 5АМ5К | Хайлов Владимир Олегович | | |

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический (ЭНИН)

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования магистр

Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий (ЭПП)

Период выполнения осенний 2015/2016/, весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| | Расчет основной части ВКР | |
| | Финансовый менеджмент, социальная ответственность | |
| | | |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ЭПП | Плотников И.А. | к.т.н., доцент | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---|-------------|------------------------|---------|------|
| Электроснабжение промышленных предприятий | Сурков М.А. | к.т.н., доцент | | |

Реферат

Магистерская диссертация содержит пояснительную записку, включающую 130 с., 51 рисунок, 22 таблиц, 1 приложение, 37 источников.

Цель работы – разработка автономной системы электроснабжения газораспределительной подстанции с использованием возобновляемых энергетических источников.

Для достижения поставленной цели предлагается решить задачи:

- анализ требований, предъявляемых к системам электроснабжения газораспределительных подстанций;
- расчет и анализ графиков электрических нагрузок газораспределительной станции;
- анализ существующих схем электроснабжения элементов газораспределительных подстанций;
- оценка потенциала возобновляемых энергетических ресурсов (энергии Солнца и ветра) на предмет использования для построения данной системы электроснабжения;
- разработка структурной схемы электроснабжения газораспределительной подстанции;
- технико-экономическая оценка вариантов схем автономного электроснабжения газораспределительной подстанции;
- разработка требований к оборудованию системы электроснабжения;
- подбор и разработка оборудования для построения системы электроснабжения.

Определения, нормативные ссылки и сокращения

В настоящей работе использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ 24682-81 Изделия электротехнические Общие технические требования в части стойкости к воздействию специальных сред.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Электроустановка - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

Электроснабжение - обеспечение потребителей электрической энергией.

Системой электроснабжения называется совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией.

Газораспределительная станция служит для понижения давления газа до уровня, необходимого по условиям его безопасного потребления и обеспечивает также подачу газа обусловленного количества с определённой степенью очистки и одоризации.

Приемником электрической энергии (электроприемником) называется аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Потребителем электрической энергии называется электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

Список принятых сокращений:

АКБ – аккумуляторные батареи;

ВГ – ветрогенератор;

ВЭУ – ветроэлектроустановка;

ГРП – газораспределительная подстанция;

ДГУ – дизельгенераторная установка;

ДЭС – дизельная электростанция;

КПД – коэффициент полезного действия;

ПУЭ – правила устройств электротехнических установок;

СБ – солнечная батарея;
СГ – синхронный генератор;
СП – солнечная панель;
ТЭ – топливный элемент;
ФЭС – фотоэлектростанция;
ФЭУ – фотоэлектроустановка.

ЛПУМГ – линейное производственное управление магистральных газопроводов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----|
| Введение | 13 |
| 1. ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ, НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ | 16 |
| 1.1 Назначение, общие требования и технологические процессы ГРП | 16 |
| 1.2 Требования, предъявляемые к электроснабжению ГРП магистральных газопроводов | 23 |
| 1.3 Типовые системы электроснабжения ГРП | 26 |
| 1.4 Возобновляемые источники энергии | 28 |
| 2. ОЦЕНКА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГРП | 46 |
| 2.1 Объект исследования | 46 |
| 2.2 Расчет солнечной радиации в точке расположения ГРП | 47 |
| 2.3 Определение ветрового потенциала в точке расположения ГРП | 57 |
| 3 АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЛЕДЯЩИХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ | 61 |
| 3.1 Расчет солнечной радиации в точке расположения ГРП | 62 |
| 4 РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГРП НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ | 69 |
| 4.1 Система электроснабжения ГРП на основе ORMAT | 69 |
| 4.2 Разработка системы электроснабжения ГРП на основе возобновляемых источников энергии. | 70 |
| 4.3 Разработка системы электроснабжения ГРП на основе возобновляемых источников энергии | 80 |
| 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСКУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ | 91 |
| 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ | 100 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 112 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 113 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Одними из основных объектов инфраструктуры газодобывающих и газоснабжающих организаций являются газораспределительные подстанции, которые для своей работы требуют электропитание.

Подключение объектов газораспределительной сети к сетям центрального электроснабжения может оказаться дорогостоящим, и во многих случаях невыполнимым мероприятием из-за удаленности газораспределительных подстанций от сетей электроснабжения.

При газификации нередко встает вопрос об электроснабжении объектов газораспределительной сети. Особенно это касается крупных газораспределительных пунктов и станций электрохимической защиты. Кроме того, в настоящее время во всех отраслях промышленности, в том числе и в газораспределении, широкое распространение получают системы телемеханики. При установке систем телемеханики на уже существующих объектах, не подключенных к электросетям, приходится решать задачу их электроснабжения.

В связи с выше сказанным, поиск экономически эффективных технических решений по построению систем автономного электроснабжения газораспределительных подстанций магистральных трубопроводов становится весьма актуальной задачей. Нередко для подключения объекта требуются установка дорогостоящих электрических подстанций и прокладка протяженных линий электропередач. На получение разрешения на подключение, технических условий и создание проекта электроснабжения также нужны временные и финансовые затраты.

В настоящее время в качестве генерирующего источника системы электроснабжения газораспределительной станции используются различные виды тепловых двигателей, как правило, импортного производства, работающих на отбираемом газе. Как показала практика такие системы дорогостоящие в эксплуатации и не обеспечивают требуемой надежности электроснабжения.

Возможные пути решения проблем. Альтернатива подключения к сетям электроснабжающих организаций – автономное электроснабжение. Газораспределительные организации сами являются энергоснабжающими организациями, вопрос лишь в преобразовании одного вида энергии в другой. На этом пути как в газовых, так и в электрических сетях неизбежно происходят технологические потери энергии. Между тем все объекты газораспределительной сети либо уже имеют подключение к газопроводу, либо расположены в непосредственной близости к нему. Таким образом, доступ к химической энергии газа обеспечен всегда, а во многих случаях есть возможность использовать и кинетическую энергию потока газа.

Выработка электроэнергии на объектах газораспределительной сети позволит повысить энергоэффективность системы, даже если КПД преобразования химической энергии газа в электрическую будет немного ниже КПД электростанций генерирующих компаний.

Для справки: в среднем по России КПД тепловых электростанций в разных источниках оценивается около 25-35%, газовых электростанций – около 38% . Современные средства малой энергетики вполне могут обеспечить КПД не ниже, а некоторые дают даже более высокий КПД. Наличие компаний-посредников (электрогенерирующих и электроснабжающих) также ведет к удорожанию конечного продукта, то есть электроэнергии. Кроме того, существуют и альтернативные способы получения электроэнергии из возобновляемых источников, которые активно совершенствуются и получают в последнее время все большее распространение.

При применении возобновляемых источников энергии платить за энергоноситель не придется вовсе. Таким образом, перспектива для газовых компаний не оплачивать подключение и не приобретать электричество, а вложить средства в систему автономного электроснабжения становится все более привлекательной. Газовикам легче осуществить монтаж и подключение газопотребляющего оборудования, чем иметь дело с подключением к электросетям. По сути, вопрос сводится к размеру капитальных и эксплуатационных затрат на систему автономного электроснабжения. Немаловажен и такой параметр, как надежность системы электроснабжения: подключение к электросети хоть и не дает стопроцентной гарантии непрерывного электроснабжения, но все же отключения случаются не так часто, и, как правило, электроснабжение быстро восстанавливается. Как правило, когда отсутствует центральное электроснабжение, используют электроснабжение на основе возобновляемых источников энергии.

Целью данной работы является оценка возможности применения возобновляемых источников для автономного электроснабжения газораспределительных подстанций. Работа выполнялась в соответствии с задачами, приведенными выше. Проведен аналитический обзор методов. По результатам оценки потенциала возобновляемых энергетических ресурсов на предмет использования для построения данной системы электроснабжения, проанализированы существующие схемы электроснабжения элементов газораспределительных подстанций.

Наиболее перспективными источниками возобновляемой энергии являются энергия Солнца и ветра. Были разработаны две схемы электроснабжения: с фотоэлектростанцией (ФЭУ) и в составе с ВЭУ и ФЭУ. Были рассчитаны нагрузки объекта электроснабжения газораспределительной подстанции. Также рассчитаны потенциалы энергии Солнца и ветра. Для каждой схемы был произведен выбор оборудования. На основе технико-экономических расчетов была выбрана схема электроснабжения в составе с ВЭУ и ФЭУ.

В работе также рассматривался раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», где произведена оценка

разработки гибридного комплекса с точки зрения ресурсоэффективности. Произведен расчет стоимости оборудования и определены общие капитальные вложения. Определена энергетическая и экономическая эффективность работы. В разделе «Социальная ответственность» были выявлены вредные и опасные проявления факторов производственной среды, а также чрезвычайные ситуации.

Произвели расчет искусственного освещения в контейнере, выбрали осветительные приборы, а также количество светильников. Разработали план размещения светильников максимально удобным образом, чтобы благоприятствовало рабочему процессу. Разработали ряд действий в случае возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий, а также был разработан план эвакуации.

Газораспределительная станция (ГРП) – это станция, понижающая давление газа до уровня, который необходим для его безопасного использования [20]. Современные ГРП – высокоавтоматизированные, сложные и энергоемкие объекты. Эксплуатация газопровода происходит при различных режимах, при вариантах подключения в работу разного рода агрегатов происходит смена режимов. При этом возникает вопрос выбора самых целесообразных режимов, при которых происходит оптимальная загрузка газопровода [21]. Пример внешнего вида типовой газораспределительной станции представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Внешний вид типовой газораспределительной станции

ГРП магистрального газопровода – самое фондоемкое его сооружение. Надежность работы и эффективность использования ГРП на газопроводах зависит от качества строительства и от верной технической эксплуатации, которая обеспечит долготелее эксплуатационное состояние [20].

Потребность в газовом топливе, требует вовлечение в производство большего числа рабочих, которые должны быть обучены безопасным методам работы и приемам.

1.1 Назначение, общие требования и технологические процессы ГРП

Основными назначениями ГРП является понижение давления газа и сохранения его на заданном уровне, а также контроль параметров технологического процесса. ГРП обеспечивает подачу газа потребителям, предприятиям и населённым пунктам в ранее установленном количестве, с определенной степенью очистки, давления и одоризации. Для обеспечения газом промышленных предприятий и населенных пунктов сооружаются отводы от магистрального газопровода, по ним газ подается на газораспределительную станцию[21]. На городские газораспределительные пункты и газорегулирующие пункты поступает газ, давление которого 0,3 и 0,6 Мпа, а к индивидуальным потребителям, таким как ТЭЦ, ГРЭС, АГНКС и так далее, с давлением 1,2 и 2 Мпа.

На ГРП выполняются такие технологические процессы как:

- очистка газа от жидких и твёрдых примесей;
- редуцирование, то есть понижение давления;
- электрохимическая защита;
- управление перекачкой (управление задвижками);
- одоризация;
- учет расхода газа перед подачей его потребителю.

Очистка газа от жидких и твёрдых примесей. Природный газ содержит в своём составе влагу, жидкие углеводороды, механические примеси. Заранее эти примеси необходимо из газа исключить, потому что они приводят к быстрому износу технологического оборудования, приводят к коррозии, а также нарушают технологическую эксплуатацию оборудования. Из газа удаляется не только капельная влага, но и парообразная, потому что при низких температурах может возникнуть твердая фаза в виде гидратов, она забивает аппаратуру. [20]

Технология первой ступени очистки газа, который был добыт на промыслах, очень проста: газ поступает в сепаратор со скважины, где от газа отделяются капельная влага и механические примеси.

Природный газ бесцветен и не имеет запаха, из-за этого для того чтобы вовремя обнаружить утечку газ одорируют.

Одоризация – это присвоение газу специфического запаха при помощи ввода в газ специальных компонентов (одорантов).

Реагенты, которые используются для одоризации должны придерживаться следующих требований:

- иметь специфический и резкий запах, который отличается от запахов производственных и жилых помещений;
- иметь физиологическую безвредность при концентрациях, применяемых для одоризации;

- должны спокойно действовать на материалы газовых сетей, металл и оборудования, с которыми одорированный газ контактирует;
- иметь высокое давление насыщенных паров;
- почва не должна их поглощать и создавать стойкий, долго исчезающий запах.

Вышеперечисленным требованиям удовлетворяют в большей степени некоторые сернистые соединения: метилмеркаптан, каптан, сульфид, этилмеркаптан, пропилмеркаптан. Высоко распространенным в качестве одоранта является этилмеркаптан (C_2H_5SH) – представляет собой прозрачную бесцветную жидкость с относительной плотностью 0,83 $\frac{кг}{м^3}$ и резким запахом. [20]

Расход одоранта зависит от свойств и состава газа, который одорируется, а также от климатических условий. Его содержание в газе должно быть такое, чтобы человек, имеющий нормальное обоняние, чувствовал запах одоранта в воздухе помещения при объемном содержании газа, равное $\frac{1}{5}$ его нижнего предела взрываемости.

С помощью одоризационных установок одорант вводят в газопровод, они обеспечивают, в жестком соответствии с установленной нормой, введение одоранта соразмерно расходу газа. Установка работает в автоматическом и полуавтоматическом режимах. В основном используются установки двух типов: барботажные и капельные. В установках капельного типа одорант попадает в газопровод в виде тонкой струи или капель. Барботажные установки насыщают отведенный поток газа в барботажной камере парами одоранта и потом смещают его с основным потоком в газопроводе. [21]

Блок автоматической одоризации газа предназначен для дозированной подачи и учета количества подаваемого одоранта (этилмеркаптана C_2H_5SH) в поток природного газа, перед подачей его потребителю, в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режиме. Блок автоматической одоризации газа представлен на рисунке 1.2.

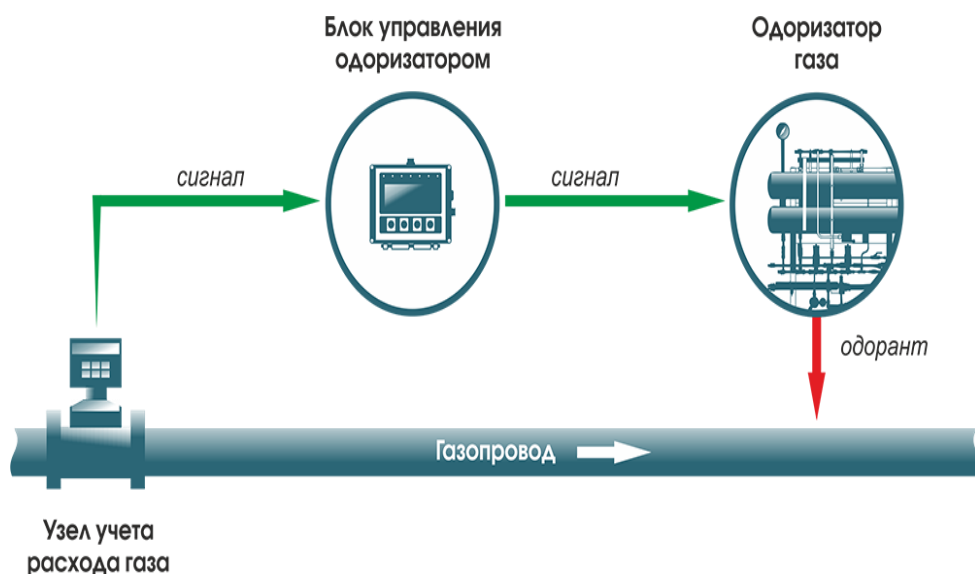


Рисунок 1.2 – Блок автоматической одоризации газа

Газ одорируют в основном на ГРП, но в некоторых случаях газ одорируют на головных сооружениях [20].

В зависимости от назначения различают следующие типы ГРП:

- ГРП, которые сооружают на конечных пунктах магистральных газопроводов или на ответвлениях от магистральных газопроводов производительностью до $500000 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- промысловая ГРП, служащая для подготовки газа (удаление влаги и пыли), который был добыт на промысле, а также для обеспечения газом, находящегося рядом с промыслом, населенного пункта;

- контрольно-распределительные пункты, производительность которых варьируется в пределах от 2000 до $12000 \text{ м}^3/\text{ч}$, находятся на развилке магистральных газопроводов и объектов, промышленного или сельскохозяйственного назначения, а также необходимы для питания круговой системы газопроводов вокруг города;

- автоматическая ГРП, производительность которых варьируется в пределах от 1000 - $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$, обеспечивает газом небольшие населённые пункты, посёлки на развилке с магистральными газопроводами ;

- газорегуляторные пункты, производительность которых варьируется в пределах от 1000 до $30\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$, обеспечивают понижение давления газа и сохранения его значения на заданном уровне в городских сетях среднего и высокого давления.

В ГРП существуют следующие узлы:

- переключения, который переключает потока газ с высоким давлением с автоматического регулирования на ручное по обводной линии, а также во избежание повышения уровня давления в линии подачи при помощи предохранительной арматуры ;

- сбора конденсата и очистки газа, который служит для уклонения от попадания механических примесей в газорегуляторное и в технологическое оборудование, а также в средства автоматики и контроля;

- предотвращения гидратообразования, предназначен для защиты арматуры от обмерзания и формирования кристаллогидратов в арматуре и газопроводных коммуникациях;

- подготовки газа для собственных нужд;

- редуцирования, который служит для понижения давления и его автоматического поддержания на заданном уровне;

- подготовки теплоносителя;

- отопления;

- учета газа, в котором при помощи различных счетчиков и расходомеров следят за количеством расхода газа;

- одоризации, в котором происходит присвоение газу специфического запаха при помощи ввода в газ специальных компонентов (одорантов).

Расход газа на ГРП измеряется с помощью сужающих устройств: диафрагма, турбинный расходомер и ультразвуковой расходомер. Газ,

потребленный, самой ГРП (собственные нужды, такие как подогрев газа, система отопления) определяют при помощи ротационных и мембранных газосчетчиков [21]. Температура газа определяется при помощи показывающих термометров и электронных датчиков температуры, таких как термопара и термосопротивление. Качественные показатели газа (компонентный состав, точка росы и др.) контролируются при помощи характериографов.

Наблюдение за давлением газа ведётся при помощи манометров, которые располагаются на входном и выходном газопроводе, за и перед фильтром (может быть применен дифференциальный манометр), на байпасе, перед газовым счетчиком, после регулятора давления, на ветви редуцирования для котельной. В регистрационном устройстве фиксируется давление газа на выходе и входе [20]. Датчики избыточного давления имеют широкое применение, которые передают параметры давления по телеметрии.

ГРП выполняют функцию подачи газа в населенные пункты, промышленные предприятия и другим потребителям в определенном количестве с заданным давлением, нужной степенью очистки, одоризации и учетом расхода.

ГРП необходимо поддерживать выходное давление газа, который подается потребителю и погрешность его не должна превышать 10% от установленного давления [21]. Пределы срабатывания не должны превышать от рабочего давления на выходе ГРП, которые определены договором между потребителем и поставщиком:

- в аварийной сигнализации – 8%;
- в защитной автоматике – 10%;
- в предохранительных клапанах – 12%;
- в клапанах-отсекателях или в автоматическом закрытии входного крана - 15%.

Время срабатывания от момента превышения или понижения установленного давления на выходе ГРП – 10 сек.

Основной технологический режим может изменять оператор, но только по распоряжению диспетчера линейного производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУМГ). Журнал распоряжений и телефонограмм – место для записи распоряжения.

При возникновении аварийной ситуации оператор должен произвести определенные переключения и далее уведомить диспетчера ЛПУМГ и потребителей с регистрацией проведенных переключений в оперативном журнале ГРП с пометкой точного времени.

Договор между поставщиком и потребителем определяет количество подаваемого через ГРП газа с указанием параметров на выходе ГРП, таких как степень одоризации, давления и так далее.

Ответственное лицо за техническое состояние и безопасную эксплуатацию ГРП определяется приказом по ЛПУМГ.

Главный инженер утверждает технологическую схему ГРП и она находится в помещении операторной.

Эксплуатация ГРП обязательно должна осуществляться согласно инструкции по эксплуатации для каждой ГРП.

Запорная, регулирующая арматура, оборудование и предохранительная арматура, на которые, на видных местах, нанесена несмываемой краской технологическая нумерация в соответствии с принципиальной схемой ГРП.

Направление движения газа указано на газопроводах, а направление вращения при открывании и закрывании указано на штурвалах запорной арматуры.

Давление на выходе может изменять оператор по распоряжению диспетчера подразделения, также должна быть произведена запись в журнале оператора [21].

Но бывают случаи когда ГРП может быть остановлена оператором самостоятельно, данные случаи указаны ниже:

- разрыв технологических и подводящих газопроводов;
- авария на оборудовании;
- пожар на территории ГРП;
- значительный выброс газа;
- стихийное бедствие;
- требование потребителя.

Для обеспечения надёжности и безопасности эксплуатации ГРП должны выполняться следующие задачи:

- периодический контроль состояния технологического оборудования и систем;
- поддержание их в рабочем положении за счёт оперативного выполнения ремонтно- профилактических работ;
- своевременная модернизация и реновация физически и морально изношенного оборудования и систем;
- соблюдение требований к зоне наиболее малых расстояний до промышленных предприятий, населенных пунктов, а также сельскохозяйственных предприятий, сооружений и зданий;
- своевременное предупреждение и ликвидация отказов.

Чтобы ввести ГРП в эксплуатацию после окончания строительства, реконструкции, модернизации в обязательном порядке проводят пуско-наладочные работы. Один раз в год каждую ГРП должны останавливать для выполнения ремонтно-профилактических работ.

Для безопасной работы в ГРП должна присутствовать сигнализация и автоматическая защита во избежание перепадов давления [20].

Любые проверки систем безопасности и защиты должны быть указаны в инструкции.

Пользоваться ГРП без соблюдения техники безопасности запрещено.

Любые изменения и проверки защитных клапанов должны быть указаны в инструкции.

Устройства, обеспечивающие безопасность и правильную работу ГРП, можно отключать только по приказу начальника на период ремонтных и наладочных работ, при этом выполнив регистрацию в журнале оператора.

Системы контроля загазованности должны находиться в рабочем состоянии.

На обводной линии газораспределительной станции запорная арматура должна быть закрыта, а также опломбирована. По обводной линии работа ГРП возможна только в редких случаях при осуществлении ремонтных работ и в аварийных ситуациях.

Работа по обводной линии должна находиться под постоянным контролем оператора, при этом все изменения давления должны записываться.

Порядок и периодичность очистки санитарных систем определяются только подразделением производственного объединения. При этом запрещается загрязнение природы, нарушение техники безопасности, а также исключено попадание загрязнений в водосточные и газовые трубы потребителей.

Газ, подаваемый потребителям, должен быть наделен запахом. При специальной договоренности на поставку газа потребителям, газу запах не придают.

Газу, подаваемому на личные нужды ГРП (отопление, дом оператора и т.д.) нужно придавать запах. Системы отопления ГРП и домов оператора нужно автоматизировать.

Порядок и все расходы, выделенные на придание газу запаха на ГРП учитываются по форме и в сроки, которые устанавливаются производственным объединением.

Погрешность автоматического регулирования давления газа, предназначенного для потребителя, не должна превышать 10% от установленного рабочего давления и обеспечивается ГРП [20].

Если необходим ремонт, при котором нужно отключать ГРП, то нужно планировать его на время, когда потребители используют меньше всего газа.

Для соблюдения требований по охране окружающей среды и пожарной охране, территория ГРП должна содержаться в надлежащем санитарно-гигиеническом и техническом состоянии и должна быть ограждена. Лица, ответственные за эксплуатацию ГРП, табличка с именованием станции и ее принадлежности к организации, а также номер телефона линейного производственного управления должны быть представлены на ограждении территории ГРП.

Соответствующие надписи и таблички должны вывешиваться на калитках, дверях здания ГРП и на воротах ограждения территории.

Расположенные, согласно местных условий, в ответственных пунктах коммуникаций предупреждающие знаки, надписи и маркировочные щитки должны хорошо освещаться.

Оператором ГРП осуществляются основные работы по содержанию территории ГРП. К начальнику службы ГРП должен обратиться оператор с заявкой, когда работа не может быть выполнена самостоятельно.

В соответствии с проектом на территории ГРП должны быть предусмотрены:

- уборная;
- стабильный источник воды или запас технической и питьевой воды;

– цех для ремонта оборудования ГРП.

Правило доступа лиц, не работающих на объекте:

– газотранспортных организаций, сотрудники ОАО "Газпром" и проверяющих организаций только с сотрудником ГРП, ЛПУМГ;

– сотрудники ЛПУМГ по письменному или устному приказу директора службы ГРП, директора ЛПУМГ, его помощника, инженера ГРП;

– не работающие лица при наличии документов на выполнение соответствующих работ (акт-допуск для выполнения строительно-монтажных услуг на ГРП, перечень бригады, прохождение инструктажа и график выполнения совмещенных работ).

Типовая схема расположения оборудования на ГРП представлена на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Типовая схема расположения оборудования на ГРП

В соответствии с проектом на территории должно быть ограждение (высота не менее 2 метров) для исключения возможности доступа не работающих лиц к приборам и оборудованию ГРП [21].

На территории должна быть установлена:

– охранный сигнализация;

– колючая проволока на ограждении.

Согласно "Правилам охраны магистральных трубопроводов" устанавливаются газопроводы отвода и охранный зона территории.

1.2 Требования, предъявляемые к электроснабжению ГРП магистральных газопроводов

Современная система электроснабжения промышленного предприятия должна удовлетворять основным требованиям [14]:

- экономичности;
- надежности;
- безопасности;
- удобства эксплуатации;
- обеспечения надлежащего качества электроэнергии (уровней напряжения, стабильности частоты и т.п.);
- необходимой гибкости, обеспечивающей возможность расширения при развитии предприятия.

Важные дополнительные требования к системам электроснабжения предъявляют:

- высокая степень автоматизации;
- электроприемники с циклически повторяющейся ударной нагрузкой;
- электроприемники непрерывного производства, требующие бесперебойности питания при всех режимах системы электроснабжения.

Специальные требования к системам электроснабжения и электрооборудованию предъявляют электроустановки, расположенные в зонах с загрязненной средой и в районах Крайнего Севера. При реконструкции и проектировании системы электроснабжения учитывают многочисленные факторы, к числу которых относятся:

- потребляемая мощность;
- категория надежности питания отдельных электроприемников;
- графики нагрузок крупных потребителей;
- характер нагрузок;
- размещение электрических нагрузок на генеральном плане предприятия;
- число и мощность подстанций и других пунктов потребления электроэнергии;
- напряжение потребителей;
- число, расположение, мощность, напряжение и другие параметры источников питания (ИП);
- требования энергетической системы;
- учет совместного питания с другими потребителями;
- требования аварийного и послеаварийного режимов;
- степень загрязненности среды;
- требования ограничения токов короткого замыкания;
- условия выполнения простой и надежной релейной защиты, 29 автоматики и телемеханики и др.

Определяющими факторами, тесно связанными между собой, являются: характеристика ИП, а также мощность и категорийность потребителей электроэнергии. При построении рациональной системы электроснабжения учитывают общую энергетику рассматриваемого района, перспективный план его электрификации.

При реконструкции действующих и проектировании новых систем электроснабжения различных промышленных предприятий района стремятся к максимальной унификации схемных и конструкторских решений

электрической части, электрооборудования и канализации электроэнергии. Подсобные устройства, такие как трансформаторно-масляное хозяйство, электроремонтное хозяйство, диспетчерская связь и другие, а также крупное резервное электрооборудование, выполняют общими для всех предприятий.

При реконструкции действующих и проектировании новых систем электроснабжения целесообразно проводить принцип «децентрализации» трансформирования и коммутации электроэнергии, благодаря чему:

- уменьшаются потери электроэнергии;
- повышается в целом надежность электроснабжения.

Практика эксплуатации, а также опыт, накопленный при реконструкции и проектировании систем электроснабжения, позволили на основе обобщения этих данных выработать критерии в виде нормативных требований обеспечения надежности электроснабжения электроприемников, которые сформулированы в правилах устройства электроустановок.

Выбор схем питания и распределения электроэнергии, напряжения и конфигурации питающих и распределительных сетей до 1 кВ, числа, мощности, месторасположения и типа подстанций решается комплексно с выполнением в необходимых случаях технико-экономического сравнения вариантов по приведенным затратам. При этом учитывается очень важное условие: обязательная координация уровней надежности составных звеньев системы 30 электроснабжения, таким образом, чтобы надежность повышалась при переходе от потребителей электроэнергии к ИП по мере увеличения мощности соответствующих звеньев системы.

Однако надежное питание электроприемников I и основных нагрузок II категории обеспечивают независимо от их места в системе электроснабжения и мощности.

В целом система электроснабжения выполняется таким образом, чтобы в условиях послеаварийного режима, после соответствующих переключений и пересоединений она была способна обеспечить питание нагрузки предприятия (с частичным ограничением) с учетом использования всех дополнительных источников и возможностей резервирования (перемычек, связей на вторичном напряжении, аварийных источников и т.п.). При этом возможны кратковременные перерывы питания электроприемников II категории на время переключений и пересоединений и перерывы питания электроприемников III категории на время до одной суток.

Для наиболее экономичного резервирования в системах электроснабжения учитывают перегрузочную способность электрооборудования, резервирования технологической части, возможность проведения плановых ремонтов и ревизий электрооборудования в период планово-предупредительных ремонтов технологического оборудования. Кроме того, при аварии предусматривается автоматическая или ручная разгрузка от неответственных потребителей с выделением питания нагрузок III категории для возможности их отключения по аварийному, заранее имеющемуся на предприятии, графику.

При технико-экономических сравнениях возможных вариантов электроснабжения руководствуются директивными документами: РД, ПУЭ и СНиП, в которых даются принципиальные указания для выбора экономически целесообразных технических решений в области энергетики [14].

1.3 Типовые системы электроснабжения ГРП

В местах, где нет возможности подключить ГРП к электропитанию от трансформаторной подстанции в настоящее время используют автономную систему электроснабжения на основе установок ORMAT [22].

Преобразователь энергии ORMAT® — это турбогенератор с замкнутым циклом пара. Это полностью укомплектованный независимый источник энергии для удаленных необслуживаемых объектов, работающий по циклу Ренкина. Система выполнена в виде контейнера, в котором находятся система сжигания топлива, парогенератор, турбогенератор, конденсатор воздушного охлаждения и шкаф распределительной и управляющей аппаратуры [22]. Общий вид ORMAT представлен на рисунке 1.4. ORMAT представляет собой источник питания постоянного (выпрямленного и отфильтрованного) тока, рассчитанный на непрерывную или переменную нагрузку и требующий минимального техобслуживания. На рисунке изображены:

- 1 – вытяжная труба;
- 2 – подъемные проушины диаметром 20 (4 шт.);
- 3 – конденсатор;
- 4 – вентилятор конденсатора;
- 5 – турбогенератор внутри панелей;
- 6 – парогенератор внутри панелей;
- 7 – служебная дверь.

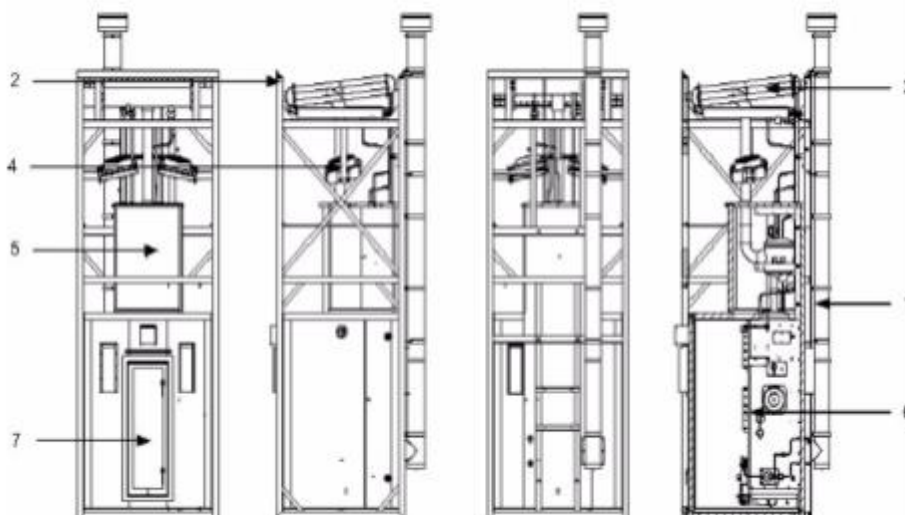


Рисунок 1.4 – Общий вид установки ORMAT

ORMAT преобразует получаемую тепловую энергию в энергию пара низкого давления органической жидкости, которая, в свою очередь, преобразуется во вращательную энергию турбины и генератора, сидящих на

общем валу (органический цикл Ренкина). Генератор вырабатывает электрический ток, который выпрямляется и доводится до нужного качества выпрямителем. Отработавший пар, выходящий из турбины, поступает в конденсатор с воздушным охлаждением. Сконденсировавшаяся жидкость подается обратно в парогенератор. Для повышения надежности в состав системы входят дизель-генератор в горячем резерве, накопитель на аккумуляторных батареях [22].

На рисунке 1.5 приведена принципиальная схема турбогенератора с замкнутым циклом пара, где показаны основные элементы, участвующие в термодинамическом цикле.

В состав этой системы входят следующие устройства:

- Парогенератор. Тепло, получаемое при сгорании топлива, испаряет в парогенераторе органическую жидкость. Для сжигания могут использоваться различные виды топлива.

- Турбина. Расширяющийся пар вращает турбину и создает мощность, необходимую для привода генератора, сидящего на общем с турбиной валу.

- Конденсатор. Отработавший пар конденсируется здесь в жидкость и возвращается (самотеком) в парогенератор. Конденсатор работает на воздушном охлаждении; в экстремальных условиях могут использоваться вентиляторы.

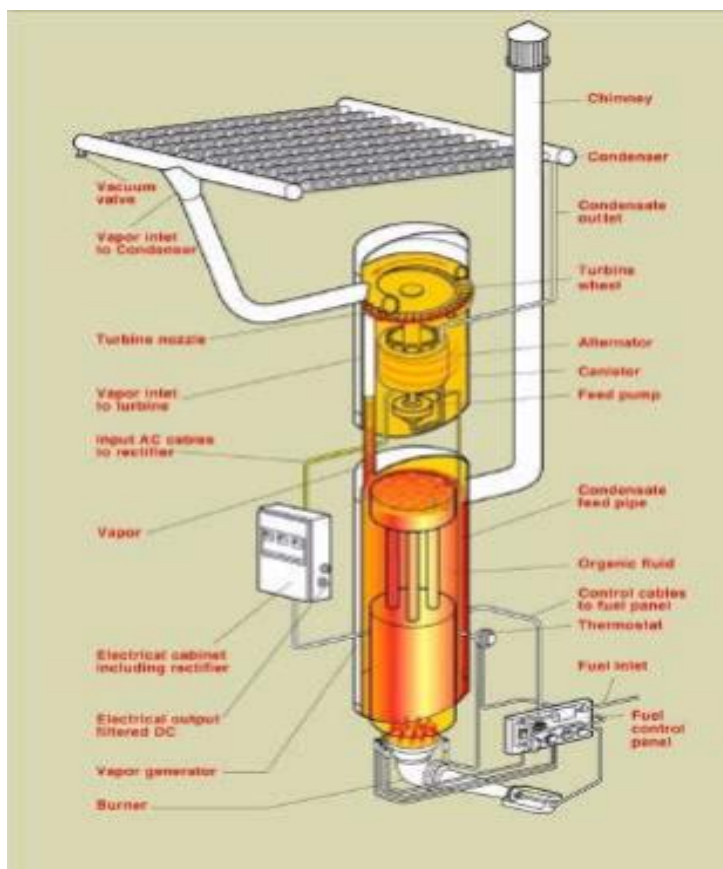


Рисунок 1.5 – Цикл жидкость-пар

Система герметизирована и работает в условиях вакуума. В качестве рабочего тела используется специально подобранная органическая жидкость

(MF). Загрязнения, содержащиеся в рабочей жидкости, могут со временем выделяться из нее, когда она находится в парообразном состоянии. Эти 24 загрязнения, или NCG (неконденсируемые газы) скапливаются в конденсаторе и при нормальных рабочих условиях не конденсируются. Если в конденсаторе скапливается значительное количество NCG, это препятствует его нормальной работе и снижает производительность турбогенератора с замкнутым циклом пара [22].

Мы рассматриваем в данной работе именно автономные системы электроснабжения, установка ORMAT имеет как преимущества, так и недостатки:

- импортное оборудование;
- работает только при наличии газа в трубопроводе;
- низкая надежность.

Учитывая тот факт, что мощность ГРП небольшая, примерно 5-7 кВт, то можно воспользоваться возобновляемыми источниками энергии. Самыми перспективными из них являются солнце и ветер.

5

Целью данного проекта является экономический расчет
оснащения газораспределительной станции магистральных
оводов.

Задачи оптимизации электроснабжения потребителей предусматривает определение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и начальную эксплуатацию высоконадёжного электрооборудования, снижения непроизводительных расходов электроэнергии при её передаче, делении и потреблении.

Практика эксплуатации системы электроснабжения промышленных предприятий показывает, что наиболее надежными являются системы электроснабжения, содержащие минимальное количество коммутационных аппаратов (выключателей, разъединителей и т.п.), смонтированные с высоким качеством, при своевременности выполнения профилактических работ и замены устаревшего электрооборудования.

Целью данного раздела «Финансовый менеджмент, ооэффективность и ресурсосбережение» является определение ктивности, целесообразности разработки гибридного комплекса с точки ресурсоэффективности (таблица 5.1).

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить перспективность разработки проекта;
- рассчитать бюджет проекта.

Таблица 5.1 – Цели и результат исследования

| | |
|--|--|
| Цели научного исследования: | Разработка гибридной системы электроснабжения ГРП на базе возобновляемых источников энергии. |
| Ожидаемые результаты научного исследования: | Разработка схемы электроснабжения гибридного комплекса и технико-экономическое обоснование целесообразности данного проекта. |
| Требования к результату научного исследования: | Требование: |
| | Выбранный вариант должен максимально эффективно подходить для данного региона и учитывать специфику энергопотребления. |
| | Готовность проекта к реализации в условиях производства. |

Потенциальным потребителем результатов исследования является ГРП. связано с тем, что верно разработанная система электроснабжения на базе

возобновляемых источников энергии даст возможность оценки годовых энергозатрат, что в свою очередь приведет к экономии финансовых затрат на оплату электроэнергии и содержания объектов ГРП.

5.1 Технико-экономическое обоснование вариантов электроснабжения ГРП

Проблема высокой себестоимости производимой электроэнергии в районах с децентрализованным (автономным) электроснабжением является одной из ключевых в децентрализованной энергетике. Основной причиной высоких тарифов на электроэнергию являются затраты на дизельное топливо для дизельных электростанций (включая затраты на транспортировку). Также существует проблема износа технического ресурса парка дизельных электростанций (процент износа составляет более 75%). Наличие данных проблем требует проведения мер по модернизации автономных систем электроснабжения и внедрению гибридных энергетических комплексов с использованием возобновляемых источников энергии.

Исследования, проводимые в данной диссертационной работе, являются актуальными для автономных систем электроснабжения с зонами децентрализованного электроснабжения.

Применение гибридных энергетических комплексов с возобновляемыми источниками энергии является инновацией, не имеющей конкурентоспособных технических решений.

Сам проект не имеет коммерческой составляющей, так как не производится разработка нового энергетического оборудования, происходит применение предлагаемых готовых технических решений для реализации проекта. Тем не менее, результаты важны для решения проблемы электроснабжения газораспределительной станции магистральных трубопроводов.

5.2 Смета затрат на проектирование гибридного комплекса ГРП на основе возобновляемых источников энергии.

Стоимость электрооборудования на ГРП и его расходы (эксплуатационные, приведенные и т.п.) составляет большой удельный вес в общей стоимости реализации проекта.

Многовариантность задачи обуславливает проведение технико-экономических расчетов с целью экономического обоснования выбранного

варианта. Из сравниваемых вариантов оптимальным считается вариант, обеспечивающий минимум приведенных годовых затрат.

Рассматриваются два варианта электроснабжения ГРП:

- гибридный комплекс на основе солнечно-дизельной электростанции;
- гибридный комплекс на основе солнечно-ветро-дизельной электростанции.

5.2.1 Составление сметы для первого варианта электроснабжения ГРП

В данном комплексе основным источником энергии является энергия солнца, которая поступает на массив солнечных панелей СП, а далее выходное напряжение постоянного тока, проходя через солнечный контроллер МРРТ, устанавливается до нужного значения и этим током заряжает аккумуляторные батареи АБ, затем постоянный ток посредством инвертора АИ преобразуется в переменный и питает нагрузку Н. В случае отсутствия энергии солнца, включается ДГУ, которая состоит из дизельного двигателя ДД и синхронного генератора СГ и находится в режиме горячего резервирования. Выходное напряжение переменного тока преобразуется в постоянное напряжение посредством управляемого выпрямителя УВ.

Составляющие данного гибридного комплекса представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Список оборудования

| № | Наименование | Количество | Цена за единицу, руб. | Общая сумма, руб. |
|--------------|------------------------|------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | Солнечная панель | 173 | 11300 | 1954900 |
| 2 | Крепление для с/п | 173 | 3800 | 657400 |
| 3 | Контроллер МРРТ | 5 | 40900 | 204500 |
| 4 | Инвертор МАП DOMINATOR | 1 | 85300 | 255900 |
| 5 | Аккумуляторная батарея | 85 | 25900 | 2201500 |
| 6 | Дизель-генератор | 1 | 625820 | 625820 |
| Итого | | | | 5900000 |

Составляющие данного гибридного комплекса с использованием следящих электроприводов представлены в таблице 4.3.

Таблица 5.3 – Список оборудования

| № | Наименование | Количество | Цена за единицу, руб. | Общая сумма, руб. |
|---|--------------|------------|-----------------------|-------------------|
|---|--------------|------------|-----------------------|-------------------|

| | | | | |
|--------------|---------------------------|----------------|--------|----------------|
| 1 | Солнечная панель | 120 | 11300 | 1356000 |
| 2 | Следящий электропривод | 10 комплект | 28000 | 2800000 |
| 3 | Контроллер MPPT | 5 | 40900 | 204500 |
| 4 | Инвертор МАП DOMINATOR | 1 | 85300 | 255900 |
| 5 | Аккумуляторная батарея | 85 | 25900 | 2201500 |
| 6 | Дизель-генератор | 1 | 625820 | 625820 |
| Итого | | | | 7443720 |

Капитальные вложения на покупку оборудования составляют:

$$K_{обор} = 5900000 \text{ руб.}$$

$$K_{обор1} = 7443720 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения на транспортировку составляют:

$$K_{транс} = 0,05 \cdot K_{обор}, \quad (5.1)$$

$$K_{транс} = 0,05 \cdot 5900000 = 295000 \text{ руб.}$$

$$K_{транс1} = 0,05 \cdot 7443720 = 372816 \text{ руб.}$$

где 0,05 – норма отчисления на транспортировку оборудования.

Капитальные вложения на строительные – монтажные работы составляют:

$$K_{смп} = 0,1 \cdot K_{обор}, \quad (5.2)$$

$$K_{смп} = 0,1 \cdot 5900000 = 590000 \text{ руб.}$$

$$K_{смп1} = 0,1 \cdot 7443720 = 744372 \text{ руб.}$$

Общее капитальное вложение:

$$K_{сумм} = K_{обор} + K_{транс} + K_{смп}, \quad (5.3)$$

$$K_{сумм} = 5900000 + 295000 + 590000 = 6785000 \text{ руб.}$$

$$K_{сумм1} = 7443720 + 372816 + 744372 = 8560278 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные расходы:

$$C_{\text{эсп}} = K_{\text{эсп}} \cdot K_{\text{сумм}}, \quad (5.4)$$

$$C_{\text{эсп}} = 0,08 \cdot 6785000 = 542800 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{эсп1}} = 0,08 \cdot 8560278 = 684822 \text{ руб.}$$

Ремонтные расходы:

$$C_{\text{рем}} = k_{\text{рем}} \cdot p_n (K_{\text{смп}} + K_{\text{обор}}) \quad (5.4)$$

$$C_{\text{рем}} = 0,2 \cdot 1/20 \cdot (590000 + 5900000) = 64900 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{рем1}} = 0,2 \cdot 1/20 \cdot (744372 + 7443720) = 81880 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{рем}}$ – это коэффициент затрат на ремонт, принимают равным 0,2;
 p_n – это нормативный коэффициент рентабельности, $p_n = 1/T$, где T – это экономический срок службы оборудования, который равен 20 лет.

Необходимо определить количество дизельного топлива, необходимого для выработки мощности.

Затраты на топливо и его доставку:

$$C_{\text{дэу}} = C_{\text{топ}} \cdot C_{\text{д.топ}}, \quad (5.5)$$

$$C_{\text{дэу}} = C_{\text{топ}} \cdot C_{\text{д.топ}} = 24365 \cdot 35 + 100000 = 952775 \text{ руб.}$$

где $C_{\text{топ}}$ – стоимость дизельного топлива, тыс. руб.;

$C_{\text{д.топ}}$ – стоимость доставки, тыс. руб.

Суммарные годовые расходы:

$$C_{\text{сумм}} = C_{\text{эсп}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{дэу}}, \quad (5.6)$$

$$C_{\text{сумм}} = 542800 + 64900 + 952775 = 1560475 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{сумм1}} = 684822 + 81880 + 952775 = 1719477 \text{ руб.}$$

Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии C :

$$C = \frac{P_H \cdot K + C_{\text{сумм}}}{W} = \frac{1}{20} \cdot \frac{6785000 + 1560475}{60480} = 31 \text{ руб. / кВт} \cdot \text{час}, \quad (5.7)$$

$$C_1 = \frac{P_H \cdot K + C_{\text{сумм1}}}{W} = \frac{1}{20} \cdot \frac{8560278 + 1719477}{60480} = 35,5 \text{ руб. / кВт} \cdot \text{час}$$

5.2.2 Составление сметы для второго варианта электроснабжения ГРП

Данный гибридный комплекс имеет лишь одно отличие, от комплекса, который был рассмотрен ранее, в этот комплекс добавлен ветрогенератор с вертикальной осью вращения, который позволяет уменьшить количество солнечных панелей и тем самым возможно удешевить его стоимость. Ниже будет рассчитан гибридный комплекс на основе возобновляемых источников энергии, а именно солнечной и ветровой, в составе которого также имеется ДГУ в режиме горячего резервирования.

Составляющие данного гибридного комплекса представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Список оборудования

| № | Наименование | Количество | Цена за единицу, руб. | Общая сумма, руб. |
|--------------|------------------------|------------|-----------------------|-------------------|
| 1 | Солнечная панель | 195 | 11300 | 2203500 |
| 2 | Крепление для с/п | 195 | 3800 | 741000 |
| 2 | Ветрогенератор | 2 | 440000 | 880000 |
| 3 | Контроллер MPPT | 5 | 40900 | 204500 |
| 4 | Инвентор МАП DOMINATOR | 3 | 85300 | 255900 |
| 5 | Аккумуляторная батарея | 53 | 25900 | 1372700 |
| 6 | Дизель-генератор | 1 | 625820 | 625820 |
| Итого | | | | 6283420 |

Капитальные вложения на покупку оборудования составляют:

$$K_{\text{обор}} = 6283420 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения на транспортировку составляют:

$$K_{\text{транс}} = 0,05 \cdot K_{\text{обор}},$$

$$K_{\text{транс}} = 0,05 \cdot 6283420 = 314171 \text{ руб.}$$

где 0,05 – норма отчисления на транспортировку оборудования.

Капитальные вложения на строительные – монтажные работы составляют:

$$K_{\text{СМР}} = 0,1 \cdot K_{\text{обор}},$$

$$K_{CMP} = 0,1 \cdot 6283420 = 628342 \text{ руб.}$$

Общее капитальное вложение:

$$K_{\text{сумм}} = K_{\text{обор}} + K_{\text{транс}} + K_{CMP},$$

$$K_{\text{сумм}} = 6283420 + 314171 + 628342 = 7225933 \text{ руб.}$$

Эксплуатационные расходы:

$$C_{\text{эсп}} = K_{\text{эсп}} \cdot K_{\text{сумм}},$$

$$C_{\text{эсп}} = 0,08 \cdot 7225933 = 578074 \text{ руб.}$$

Ремонтные расходы:

$$C_{\text{рем}} = k_{\text{рем}} \cdot p_n (K_{CMP} + K_{\text{обор}})$$

$$C_{\text{рем}} = 0,2 \cdot 1/20 \cdot (628342 + 6283420) = 69117 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{рем}}$ – это коэффициент затрат на ремонт, принимают равным 0,2;
 p_n – это нормативный коэффициент рентабельности, $p_n = 1/T$, где T – это экономический срок службы оборудования, который равен 20 лет.

Суммарные годовые расходы:

$$C_{\text{сумм}} = C_{\text{эсп}} + C_{\text{ТР}},$$

$$C_{\text{сумм}} = 578074 + 69117 = 647191 \text{ руб.}$$

Себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии C :

$$C = \frac{P_H \cdot K + C_{\text{сумм}}}{P} = \frac{\frac{1}{20} \cdot 7225933 + 647191}{60480} = 17 \text{ руб / кВт} \cdot \text{час}$$

Вывод:

Основой для построения гибридных электростанций децентрализованных систем электроснабжения являются дизельные генераторы. В данной работе они используются в качестве резервного источника электроэнергии для обеспечения требуемой надежности системы. Для основного источника электропитания необходимо было оценить энергетический потенциал возобновляемых источников энергии в данной местности, чтобы понять, какой энергоресурс целесообразно применить в гибридном энергокомплексе. Наиболее перспективными источниками

возобновляемой энергии являются энергия Солнца и ветра. Исходя из исходных данных местности, была произведена оценка потенциала возобновляемых энергетических ресурсов (энергий Солнца и ветра) на предмет использования для построения данной системы электроснабжения. По произведенным расчетам, можно сделать вывод, что энергия солнца и ветра, вырабатывающих энергию параллельно является более перспективным решением, а также этот вариант более выгоден с финансовой точки зрения, т.к. себестоимость 1 кВт·ч энергии от солнечно-ветровой электростанции составляет 17 руб/кВт·ч, а от солнечной – 31 руб/кВт·ч. Итак, для построения гибридных электростанций для децентрализованных систем электроснабжения основным источником питания выбрали солнечно-ветровую электростанцию. Данный вариант является надежным, так как выработки энергии от солнца происходит только в дневное время суток, а в ночное время и во время большой облачности энергию вырабатывает ветрогенератор, то есть полностью соответствует по техническим параметрам.